Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 79 (1987)
Heft: 10

Artikel: Uranreserven und Entwicklung der Kernenergie
Autor: Pfaeffli, Jean-Louis
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940677

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Uranreserven und Entwicklung der Kernenergie

Jean-Louis Pfaeffli

Die Frage nach den Uranvorräten und ihrer kurz-, mittel- und langfristigen Verfügbarkeit wird immer wieder gestellt. Die nachfolgenden Ausführungen vermitteln keine neuen Szenarien zur Entwicklung der Kernenergie und zur damit verbundenen Nutzung der Uranvorkommen. Sie beleuchten vielmehr einige Aspekte dieser Ressourcen und ihrer Nutzung, damit das Ausmass der Vorkommen besser beurteilt werden kann, und legen weiter die Gründe dar, die dafür sprechen, dass die Versorgung mit Uran den Ausbau der Kernenergie nicht bremsen wird.

Art und Umfang der Uranreserven

In der Erdrinde ist, in mehr oder weniger gleicher Verteilung, enorm viel Uran vorhanden. Der Boden enthält im Durchschnitt 3 bis 4 Gramm Uran pro Tonne, das Meerwasser ungefähr 3 Milligramm pro Tonne. In konzentrierter Form findet sich Uran in etwa 150 bekannten Arten von Mineralien. Das reichste wirtschaftlich genutzte Vorkommen, das man bisher gefunden hat, weist einen mittleren Gehalt von 120 kg Uran pro Tonne Erz auf. Wegen der Art und mannigfachen Besonderheiten ihrer Entstehung ist die Ausdehnung uranhaltiger Vorkommen in der Erde um so grösser, je geringer ihr Urangehalt ist, in dieser Hinsicht Metallen wie Chrom, Zink oder Blei vergleichbar.

Die Kosten der Uranerzgewinnung sind um so grösser, je niedriger der Urangehalt ist. Daraus folgt, dass die nutzbaren Uranvorräte grösser werden, wenn ein höherer Uranpreis vertretbar ist und damit höhere Förderkosten in Kauf genommen werden.

Bei der Schätzung der unter wirtschaftlichen Bedingungen abbaubaren Uranvorkommen sind zwei Aspekte in Betracht zu ziehen. Das sind einerseits die Entwicklung der Techniken zur Urangewinnung und deren Auswirkungen auf die Förderkosten. Andererseits gehört es zu den bemerkenswerten Besonderheiten der Kernenergie, dass der Preis des Natururans die Gestehungskosten des Nuklearstroms je Kilowattstunde nur wenig beeinflusst (bei Uran, das zu Kosten von US$ 30 pro Pfund U_3O_8 abgebaut wird, macht dies gegenwärtig etwa 5% aus). Bestände nicht das gerechtfertigte Bestreben, die Produktionskosten möglichst tief zu halten, könnten zahlreiche Länder schon heute einen zwei- bis fünffach höheren Uranpreis in Kauf nehmen, ohne die Wirtschaftlichkeit des Atomstroms zu beeinträchtigen. Die noch vor Ende dieses Jahrhunderts zu erwartende Anreicherung mit Laserstrahlen bedingt wegen der grossen Selektivität der Isotopentrennung eine Verringerung des spezifischen Natururanbedarfs. Dies wiederum reduziert den Anteil des Uranpreises an den Gestehungskosten je Kilowattstunde.

Um das Ausmass der Uranreserven richtig beurteilen zu können, sind daher deren Verteilung in der Erde, der bescheidene Einfluss der Gewinnungskosten auf die Stromproduktion und die laufenden technologischen Entwicklungen zu berücksichtigen.

Neueste Daten über die förderbaren Uranreserven

Der Stand der Uranreserven in den Ländern ausserhalb des Ostblocks wird durch die Experten der OECD und der IAEO regelmässig ermittelt und analysiert. Die jüngsten Daten sind in einem Bericht aus dem Jahre 1986 enthalten [1]. Danach belaufen sich die bekannten Reserven ausserhalb des Ostblocks, die nach der Definition der OECD/IAEO die gesicherten Vorkommen und zusätzlich geschätzten Vorkommen zu Gewinnungskosten von weniger als 130 US$ je Kilogramm Uran umfassen, auf 3,55 Millionen Tonnen Uran. Weitere geschätzte Vorkommen und aufgrund geologischer Betrachtungen vermutete Vorkommen der gleichen Kostengruppe werden mit 11,2 bis 13,7 Millionen Tonnen Uran beziffert. In sogenannten nichtklassischen Vorkommen, hauptsächlich in Phosphaten, werden weitere mehr als 7 Millionen Tonnen Uran angenommen. Tabelle 1 gibt eine Auflistung der Uranreserven in den verschiedenen Kategorien.

Bei der Bewertung der vorgenannten Uranreserven ist zu berücksichtigen, dass sich die Angaben nahezu ausschliesslich auf Reserven beziehen, die zu Kosten von weniger als 130 US$ je Kilogramm Uran (50 US$ je Pfund U_3O_8) abgebaut werden können. Zudem beruhen die Angaben über die bekannten Reserven auf beschränkten Prospektionstätigkeiten. So nehmen zum Beispiel in Kanada die bekannten Reserven trotz erheblichem Abbau ständig zu.

Um besser ermessen zu können, was die in Tabelle 1 dargestellten Uranreserven bedeuten, kann man sie durch die Zahl der Jahre ausdrücken, während welcher dieses Uran den gegenwärtigen Kernkraftwerkspark zu versorgen vermag. Dabei verhält es sich so, dass die Gesamtheit der bekannten Reserven (3,55 Millionen Tonnen) in den Ländern ausserhalb des Ostblocks es ermöglichen würde, die hier zurzeit in Betrieb stehenden Kernkraftwerke während eines Jahrhunderts zu versorgen. Unter der Annahme einer systematischen Wiederaufbereitung und Rezyklierung der so zurückgewonnenen Spaltstoffe liesse sich dieser gleiche Nuklearpark während ungefähr 150 Jahren versorgen. Ohne Wiederaufbereitung könnte mit der Summe der in der Tabelle insgesamt aufgeführten Reserven mehr als das Fünffache der heutigen Kernkraftwerkskapazität in den Ländern ausserhalb des Ostblocks während 120 Jahren versorgt werden. Wenn man bedenkt, dass die in den Ländern ausserhalb des Ostblocks installierte Nuklearkapazität sich bis zum Jahr 2000 nur um den Faktor 1,6 (von 230000 MW auf ungefähr 380000 MW) erhöhen wird und dass die vorliegenden Zahlen über die Uranreserven sehr lückenhaft sind, dann darf daraus zu Recht gefolgert werden, dass diese Reserven die Entwicklung der Kernenergie nicht beschränken. Das gilt um so mehr, als bei den vorstehenden Betrachtungen der Einsatz von Schnellbrüter-Reaktoren mit ihrer um rund 60fach besseren Uranausnutzung im Vergleich zu den heutigen Leichtwasser-Reaktoren noch nicht einmal berücksichtigt ist.

Deckung des Bedarfs

Die Anpassung der Kapazität der Uranproduktion an die Nachfrage setzt eine realistische Schätzung des zukünftigen Bedarfs voraus, damit die zusätzlich erforderlichen Produktionsmöglichkeiten geschaffen und die Prospektionsarbeiten aufgenommen werden, die dafür nötig sind, dass ein genügender Teil der gegenwärtig in den Kategorien «zusätzlich geschätzte Reserven» und «vermutete Reserven» enthaltenen Ressourcen rechtzeitig zu den «gesicherten Reserven» gezählt werden kann. Während solche Abschätzungen für kurze und mittlere Fristen verhältnismässig leicht vorzunehmen sind, sieht man sich bei der Beurteilung der Deckung des langfristigen Uranbedarfs einer Fülle von Fragen gegenübergestellt. Mit Bezug auf die Nachfrage geht es darum, mehr als 20 Jahre im voraus das Wachstum der Kernenergie abzuschätzen. Auch die technischen Verbesserungen und neue Technologien sind zu berücksichtigen, welche die energetische Nutzung des

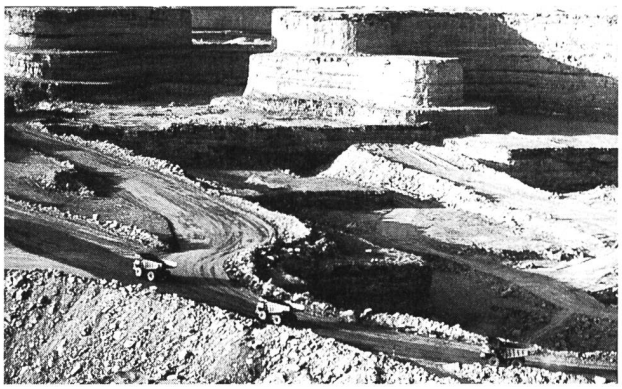

Bild 1. Uranmine. (Bild SVA)

Urans beeinflussen. Die Ausweitung der Wiederaufbereitung bestrahlter Brennstoffe und der Rezyklierung der daraus gewonnenen Spaltstoffe müssen ermittelt werden, und die künftige Bedeutung der Schnellen Brüter ist abzuwägen. Auch sind die mit Thorium betriebenen Reaktoren in Rechnung zu stellen.

Noch schwieriger sind die Schätzungen mit Bezug auf die Prospektion, die Entdeckung neuer Vorkommen und deren Erschliessung, weil hierbei die darauf gerichteten Bemühungen und Investitionen ebenso zu berücksichtigen sind wie die Auswirkungen der bei diesen Aktivitäten traditionsgemäss geltenden Marktmechanismen, möglicher regierungsseitiger Eingriffe und neuer Techniken der Prospektion und Gewinnung von Uran. Man begreift so die Schwierigkeit solcher Untersuchungen und versteht, dass es angebracht ist, alle globalen Ergebnisse mit grosser Vorsicht aufzunehmen. Ein typisches Beispiel hiefür ist die Frage nach der Erschöpfung der Uranreserven. Ausgehend von einem Szenario zum Wachstum der Kernenergie und verschiedenen Annahmen über die eingesetzten Reaktortypen kann man Kurven erstellen, die den kumulierten Bedarf an Uran aufzeigen, und hernach, gestützt auf die derzeitigen Angaben über die Uranreserven der verschiedenen Kategorien, die Zeitpunkte der Erschöpfung dieser Reserven ableiten. Eine im Rahmen der Weltenergiekonferenz durchgeführte Studie verwendet diese Näherungsmethode [2]. Es handelt sich dabei um ein sehr vereinfachendes Vorgehen, das eine dynamische Einheit (die Entwicklung des Bedarfs) mit einer statischen Einheit (den gegenwärtigen Angaben über die Ressourcen) vergleicht. So nützlich diese Arbeit für die Spezialisten sein mag, die deren Ergebnisse zu interpretieren wissen, birgt sie doch zwangsläufig das Risiko in sich, dass daraus falsche Schlüsse über die Entwicklungsmöglichkeiten der Kernenergie gezogen werden.

In der Tat führt nur eine vertiefte und relativ umfassende Analyse von Angebot und Nachfrage zu Schlüssen, die gewichtet und von praktischer Bedeutung sind. Eine solche Untersuchung wurde von Spezialisten der IAEO durchgeführt und kürzlich veröffentlicht [3]. Sie erlaubt es, die langfristigen Perspektiven (bis zum Jahr 2035) der Uranversorgung realistisch darzustellen. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen, dass es unter Berücksichtigung einiger durchaus erfüllbarer Voraussetzungen möglich ist, innert der erforderlichen Fristen und für den untersuchten Zeitraum über die Produktionskapazitäten zu verfügen, die zur Dekkung des Uranbedarfs nach Massgabe der verschiedenen Szenarien über die Entwicklung der Kernenergie erforderlich sind.

Abkürzungen
OECD = Organisation de Coopération et de développement économiques
IAEO = Internationale Atomenergie-Organisation
NEA = Agence pour l'énergie nucléaire, Teil der OECD

Tabelle 1. Neueste Daten über die Uranreserven in den Ländern ausserhalb des Ostblocks.

Kategorien	*Mengen in Mio t U*	
Gesicherte Vorkommen (<130 $/kg U)	2,25	Bekannte Reserven 3,55
Zusätzlich geschätzte Vorkommen Kat. I (<130 $/kg U)	1,30	
Zusätzlich geschätzte Vorkommen Kat. II (<130 $/kg U)	1,61	
Vermutete Vorkommen (<130 $/kg U)	9,6 bis 12,1	
Nicht-klassische Vorkommen (hauptsächlich Phosphate)	>7	

Schlussfolgerungen

Die Beschaffenheit und Verbreitung der Uranreserven in der Erdrinde, der sehr geringe Einfluss des Uranpreises auf die Gesamtgestehungskosten je nukleare Kilowattstunde und die Einführung neuer Techniken mit erheblichen Verbesserungen im technischen Verhalten wie bei den Kosten sind zusammen Faktoren, die die Feststellung erlauben, dass – ohne dabei auch noch die Verwendung von Thorium in Erwägung zu ziehen – die Reserven an spaltbarem Material der Nutzung der Kernenergie nach menschlichem Ermessen keine Grenzen setzen.

Von grundlegender Bedeutung ist es allerdings, die Produktion nach dem Bedarf auszurichten. Dies bedingt, dass die Nachfrage vorausschauend abgeklärt und dass die Mittel zur angemessenen Bedarfsdeckung bereitgestellt werden, was durchaus realisierbar ist.

Literatur

[1] Uranium – Ressources, production et demande, gemeinsamer Bericht der NEA und der IAEO, herausgegeben von der OECD, Paris 1986

[2] Abondance énergétique: Mythe ou réalité? – *Jean-Romain Frisch.* 13e Congrès de la Conférence mondiale de l'énergie, Cannes, Oktober 1986, Editions Technip, Paris

[3] Long-term Uranium Supply – Demand Analyses, IAEO-Tecdox 395, 1986, Internationale Atomenergie-Organisation, Wien

Adresse des Verfassers: *Jean-Louis Pfaeffli,* S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS), Case postale 570, CH-1001 Lausanne.

Der vorliegende Artikel ist eine gekürzte Version eines ausführlichen Textes, der im SVA-Bulletin 16/1987 erschienen ist.

Cédra: forages terminés à Uri

Utilisation réussie d'un appareil de forage spécialement construit – nombreuses mesures dans les puits

La Cédra, Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs, vient de terminer ses forages d'essai à l'Oberbauenstock, dans le canton d'Uri. Il s'agit d'une des quatre régions qui ont été proposées comme sites éventuels du dépôt final suisse prévu pour les déchets de faible et moyenne radioactivité. Les forages ont été effectués à partir d'une galerie de service du tunnel autoroutier du Seelisberg. Selon la Cédra, elle a utilisé ici avec succès un appareil de forage spécialement construit à cet effet. De nombreuses mesures ont été réalisées dans les puits de forage pour obtenir, entre autres, des informations sur la teneur en eau de la roche.

Les résultats doivent être évalués d'ici au printemps 1988. Ces prochains jours, la Cédra entamera des forages similai-